



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>5</sup>:

H04L 5/06, H04J 14/06

A1

(11) Numéro de publication internationale:

WO 94/13077

(43) Date de publication internationale:

9 juin 1994 (09.06.94)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR92/01119

(22) Date de dépôt international: 1er décembre 1992 (01.12.92)

(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): THOMSON-CSF [FR/FR]; 51, esplanade du Général-de-Gaulle, F-92800 Puteaux (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): FOUCHE, Yvon [FR/FR]; Thomson-CSF SCPI, B.P. 329, F-92402 Courbevoie Cédex (FR). DE COUASNON, Tristan [FR/FR]; Thomson-CSF SCPI, B.P. 329, F-92402 Courbevoie Cédex (FR).

(74) Mandataire: LINCOT, Georges; Thomson-CSF SCPI, BP 329, F-92042 Courbevoie Cédex (FR).

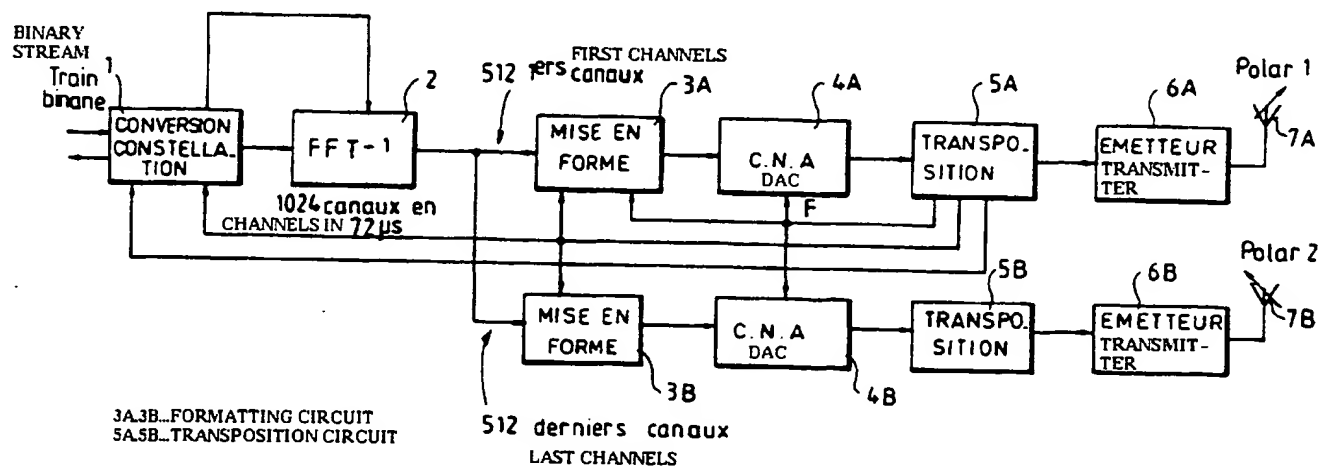
(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: OFDM TRANSMISSION WITH POLARIZATION MULTIPLEXING

(54) Titre: TRANSMISSION OFDM AVEC MULTIPLEXAGE EN POLARISATION



## (57) Abstract

Process for the emission of a signal digitized according to a multicarrier modulation of the orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) type using  $N$  orthogonal channels. According to the invention, the channels are divided into two,  $N/2$  channels corresponding to a first frequency band being transmitted by a first emission path (3A, 4A, 5A, 6A, 7A) according to a first polarization while the remaining  $N/2$  channels are brought to the first frequency band and transmitted by a second emission path (3B, 4B, 5B, 6B, 7B) according to a second polarization crossed in relation to the first. Application especially in digital high definition television.

(57) Abrégé

La présente invention concerne un procédé d'émission d'un signal numérisé selon une modulation multiporteuse de type OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) utilisant N canaux orthogonaux. Conformément à la présente invention les canaux sont divisés en deux, N/2 canaux correspondant à une première bande de fréquence étant transmis par une première voie (3A, 4A, 5A, 6A, 7A) d'émission selon une première polarisation et les N/2 canaux restants étant ramenés dans la même bande de fréquence et transmis par une deuxième voie (3B, 4B, 5B, 6B, 7B) d'émission selon une seconde polarisation croisée par rapport à la première. Application notamment à la télévision haute définition numérique.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	GB	Royaume-Uni	MR	Mauritanie
AU	Australie	GE	Géorgie	MW	Malawi
BB	Barbade	GN	Guinée	NE	Niger
BE	Belgique	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	HU	Hongrie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	IT	Italie	PL	Pologne
BR	Brésil	JP	Japon	PT	Portugal
BY	Bélarus	KE	Kenya	RO	Roumanie
CA	Canada	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CF	République centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CN	Chine	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LV	Lettonie	TG	Togo
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DE	Allemagne	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
DK	Danemark	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	MN	Mongolie	UZ	Ouzbékistan
FR	France			VN	Viet Nam
GA	Gabon				

## TRANSMISSION OFDM AVEC MULTIPLEXAGE EN POLARISATION

La présente invention concerne un procédé d'émission d'un signal numérisé selon une modulation multiporteuse de type OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing en langue anglaise) utilisant N canaux orthogonaux. La présente invention  
5 concerne aussi un émetteur et un récepteur pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Dans la demande de brevet international PCT/FR 89/00546 déposée au nom de THOMSON-CSF, l'on a décrit un  
10 procédé d'émission particulièrement performant utilisant une modulation multiporteuse de type OFDM permettant d'émettre, avec une haute densité, un signal numérisé. Dans le procédé d'émission décrit, on utilise une pluralité de fréquences orthogonales et on émet un couple (amplitude-phase) ou (partie  
15 réelle - partie imaginaire) sur chaque fréquence, le couple amplitude-phase ou partie réelle - partie imaginaire étant équivalent de façon bi-univoque à l'information à transmettre. D'autre part, pour récupérer au niveau du récepteur les informations transmises selon ce procédé en tenant compte des échos multiples, on utilise différentes techniques telles que  
20 l'association à l'intervalle utile d'émission d'un intervalle de transition ou intervalle de garde, l'utilisation de signaux de synchronisation et surtout l'utilisation de paquets-test qui à la réception permettent d'effectuer l'égalesation des canaux. Toutefois, lorsque l'on veut utiliser un nombre N de canaux très  
25 important, par exemple 1024 canaux, l'on a dans ce cas une occupation spectrale très importante. En effet, la bande de fréquence utilisée est d'au moins 16 MHz. Ceci pose un certain nombre de problèmes au niveau, par exemple, de la fréquence de fonctionnement des circuits de traitement des signaux.

30 La présente invention a pour but de proposer un

nouveau procédé d'émission d'un signal numérisé selon une modulation multiporteuse de type OFDM qui permet de réduire la bande de fréquence utilisée.

5 La présente invention a aussi pour but de proposer un procédé d'émission d'un signal numérisé selon une modulation multiporteuse de type OFDM utilisant N canaux orthogonaux qui peut être utilisé aussi bien avec une modulation du type de celle décrite dans la demande de brevet international PCT/FR 89/00546 qu'avec d'autres modulations multiporteuses de type  
10 OFDM.

En conséquence, la présente invention a pour objet un procédé d'émission d'un signal numérisé selon une modulation multiporteuse de type OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) utilisant N canaux orthogonaux, caractérisé en ce  
15 que les canaux sont divisés en deux,  $N/2$  canaux correspondant à une première bande de fréquence étant transmis par une première voie d'émission selon une première polarisation et les  $N/2$  canaux restant étant ramenés dans la même bande de fréquence et transmis par une deuxième voie d'émission selon  
20 une seconde polarisation croisée par rapport à la première.

En utilisant ce nouveau procédé d'émission, il est possible d'avoir un nombre beaucoup plus important de canaux pour une même bande de fréquence. D'autre part, l'indépendance entre canaux est réalisée du fait que chaque canal est  
25 orthogonal aux autres canaux. De ce fait, le maximum d'amplitude d'un canal correspond au zéro de tous les autres canaux comme expliqué dans la demande PCT mentionnée ci-dessus. En conséquence, s'il y a un couplage entre les deux polarisations transportant chacune la moitié des canaux, au  
30 décodage, son influence sur les canaux est minimisée.

Selon une autre caractéristique de la présente invention, le signal numérisé émis sur chaque voie comporte périodiquement des paquets-test permettant à la réception d'égaliser le canal de transmission.

Cette caractéristique permet de compenser notamment

l'atténuation d'une polarisation par rapport à l'autre, du moment que les variations de conditions de propagation d'une polarisation soient plus lentes qu'un cycle d'égalisation.

Selon un mode de réalisation particulier, on émet deux paquets-test successifs par voie et les paquets-test sont choisis de telle sorte que :

$$t_A^1(2q) \neq 0 ; t_A^2(2q) = 0 ; t_B^1(2q) = 0 ; t_B^2(2q) \neq 0$$

$$t_A^1(2q+1) = 0 ; t_A^2(2q+1) \neq 0 ; t_B^1(2q+1) \neq 0 ; t_B^2(2q+1) = 0$$

La présente invention concerne aussi un émetteur pour la mise en oeuvre du procédé ci-dessus, caractérisé en ce qu'il comporte principalement un circuit de calcul de transformée de Fourier rapide inverse ( $FFT^{-1}$ ) pour N échantillons, une première voie de transmission pour N/2 échantillons et une seconde voie de transmission pour les N/2 échantillons restant, les deux voies permettant une transmission dans une même bande de fréquence mais avec des polarisations croisées.

La présente invention a encore pour objet un récepteur pour recevoir des signaux émis selon le procédé ci-dessus, caractérisé en ce qu'il comporte deux voies de réception pouvant recevoir chacune les signaux correspondant à N/2 échantillons, émis dans une même bande de fréquence mais avec des polarisations croisées et un circuit de calcul de transformée de Fourier rapide (FFT) permettant de traiter N échantillons ou, selon une variante de réalisation, un circuit de calcul de transformée de Fourier rapide (FFT) permettant de traiter N/2 échantillons connecté en sortie de chaque voie et un circuit de couplage des deux circuits de calcul de transformée de Fourier rapide (FFT).

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description faite ci-après de différents modes de réalisation, cette description étant faite avec référence aux dessins ci-annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma synoptique d'un émetteur pour la

mise en oeuvre du procédé d'émission conforme à la présente invention ;

- la figure 2 est un schéma synoptique d'un récepteur pour la réception de signaux émis selon le procédé conforme à la

- la figure 3 est un schéma synoptique simplifié expliquant le choix des paquets-test, et

- la figure 4 est un schéma synoptique simplifié d'un autre mode de réalisation de la chaîne de transmission conformément à la

L'émetteur et le récepteur décrits ci-après sont des circuits utilisés pour émettre et recevoir des signaux numérisés en utilisant une modulation multiporteuse de type OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing en langue anglaise) utilisant N canaux orthogonaux. Dans ce cas et comme décrit dans la demande de brevet PCT mentionnée ci-dessus, le signal numérisé est découpé en une succession de paquets. La partie utile du signal est donc constituée de N signaux sinusoïdaux modulés chacun en amplitude et en phase. Dans le cadre du brevet PCT décrit ci-dessus, pour prendre en compte les trajets multiples dûs aux échos et déterminer plus facilement le signal utile, on définit un intervalle de transition ou intervalle de garde correspondant au début du paquet suivi de la partie utile du signal qui seule sera exploitée en réception. Pour réaliser la modulation en amplitude et en phase, on utilise de façon connue une constellation dans le plan complexe. Comme mentionné dans la demande de brevet citée, plusieurs types de constellations peuvent être choisis, à savoir des constellations rectangulaires, hexagonales, circulaires. Ainsi, comme représenté sur la figure 1, le train binaire issu d'un codeur non représenté et correspondant au signal numérisé à transmettre est envoyé en entrée d'une carte de conversion constellation 1 qui fait la correspondance entre les bits d'entrée regroupés par N et les points de la constellation qui sont attribués à chaque sous-porteuse. C'est au niveau du

circuit de conversion-constellation que sont aussi insérés, dans le signal à transmettre, des informations de synchronisation ainsi que des paquets-test qui seront décrits ultérieurement et qui sont utilisés pour l'égalisation du canal. Ce paquet-test inséré à la place d'un paquet véhiculant de l'information sert à la réception par comparaison avec un paquet de référence à déterminer des coefficients de correction à appliquer au paquet utile suivant. Ceci permet de réaliser l'égalisation du canal.

Les données en sortie du circuit 1 sont envoyées sur un circuit de calcul de transformée de Fourier rapide inverse ( $\text{FFT}^{-1}$ )<sup>2</sup>. Le circuit de calcul de Transformée de Fourier inverse a été décrit dans la demande de brevet PCT/FR 89/00546 à laquelle on se référera pour une description plus complète de son fonctionnement. Le circuit 2 permet de réaliser la modulation de N canaux à l'émission, par exemple de 1024 canaux en 72 microsecondes, dans le cas notamment où l'on souhaite transmettre des émissions de télévision.

Conformément à la présente invention, pour limiter la bande passante qui dans le cas de 1024 canaux doit être de 16 MHz, on propose dans la présente invention de séparer les canaux en deux et d'envoyer les 512 premiers canaux sur une première voie de transmission et les 512 derniers canaux sur une deuxième voie de transmission. Comme représenté sur la figure 1, chaque voie de transmission comporte essentiellement un circuit de mise en forme 3A,3B, un convertisseur numérique-analogique 4A,4B, un circuit de transposition de la fréquence en bande de base en fréquence intermédiaire 5A,5B et un émetteur proprement dit 6A,6B envoyant le signal à transmettre sur une antenne 7A,7B.

De manière plus détaillée, les circuits de mise en forme 3A,3B servent à mettre les données issues du circuit 2 de calcul de Transformée de Fourier rapide inverse ( $\text{FFT}^{-1}$ ) au format exploitable par le circuit de conversion numérique-analogique et à rajouter l'intervalle de transition ou intervalle de garde lorsqu'on utilise un procédé d'émission avec

un intervalle de garde, comme décrit dans la demande de brevet ci-dessus mentionnée. Les données issues des circuits de mise en forme 3A,3B sont envoyées sur un convertisseur numérique-analogique 4A ou 4B commandé par une fréquence d'échantillonnage F et qui permet d'obtenir un signal analogique qui pourra être modulé. Les circuits de transposition 5A et 5B ont pour but de transformer la fréquence du signal analogique en une fréquence intermédiaire qui pourra être exploitée par l'émetteur. D'autre part, le circuit de transposition 5B permet de ramener la fréquence du signal analogique de cette voie dans la même bande de fréquence que le signal transmis par la première voie. Ces signaux issus des deux circuits de transposition 5A et 5B sont envoyés chacun sur un émetteur proprement dit 6A ,6B de type classique qui envoie le signal sur une antenne 7A et 7B.

Conformément à la présente invention, les antennes 7A et 7B émettent le signal selon des polarisations croisées. Ainsi par exemple, le signal envoyé par l'antenne 7A est émis avec une polarisation horizontale tandis que le signal envoyé par l'antenne 7B est émis avec une polarisation verticale, ces deux signaux étant émis dans la même bande de fréquence.

On décrira maintenant, plus particulièrement avec référence à la figure 2, un mode de réalisation d'un récepteur permettant de recevoir un signal émis selon le procédé décrit ci-dessus. Ce récepteur comporte deux voies de réception en parallèle, constituées chacune d'une antenne 10A,10B, d'un récepteur 11A,11B, d'un circuit de transposition fréquence intermédiaire en bande de base 1 et fréquence intermédiaire en bande de base 2 ,respectivement 12A,12B, d'un convertisseur analogique-numérique 13A,13B. Les sorties des deux convertisseurs analogiques-numériques sont envoyées à travers un additionneur 14 en entrée d'un circuit de synchronisation paquet 15 et du circuit de démodulation 16 qui sera décrit de manière plus détaillée ci-après. Les antennes 10A et 10B sont des antennes à polarisation croisée, permettant de recevoir les



signaux émis par les deux antennes 7A et 7B à polarisation croisée. Les récepteurs 11A et 11B sont des récepteurs de type classique qui n'ont pas besoin d'être détaillés ici. Les circuits de transposition 12A et 12B permettent de passer de la  
5 fréquence intermédiaire dans laquelle sont émis les signaux en bande de base 1 pour la première voie de réception et en bande de base 2 pour la seconde voie de réception. Les circuits de transposition sont constitués essentiellement par un mélangeur recevant sur une de ses entrées un signal à la fréquence de  
10 transposition issu d'un oscillateur. Les convertisseurs analogique-numérique 13A, 13B permettent de transformer à la fréquence d'échantillonnage F2 le signal analogique en un signal numérique. Ces deux signaux sont additionnés dans un additionneur 14 avant d'être envoyés sur la partie démodulation  
15 du système qui est identique à celle décrite dans la demande de brevet PCT citée ci-dessus. Comme représenté sur la figure 2, cette partie démodulation comporte un circuit de synchro-paquets 15 dont le but est de réaliser la découpe temporelle du signal en paquets afin de ne fournir à un circuit de calcul de la  
20 Transformée de Fourier rapide (FFT) 16 que la partie utile des paquets en utilisant les informations de synchronisation transmise avec le signal. Cette partie comporte aussi en sortie du circuit de calcul de la Transformée de Fourier rapide (FFT) 16, un circuit 17 de détection des paquets-test envoyant des  
25 informations vers un circuit de correction 19 et un circuit d'égalisation 18 chargé des calculs des coefficients de correction qui émet vers le circuit de correction 19 un signal de correction pour chaque paquet. Les éléments issus du circuit de correction sont envoyés vers un interface 20 qui transforme  
30 les informations reçues en un train binaire émis sur la ligne 21. L'utilisation de paquets-test permet de réaliser l'égalisation et de remédier à l'atténuation qui peut exister entre les deux polarisations.

On décrira maintenant avec référence à la figure 3 un mode de calcul de la valeur des paquets-test à envoyer pour

réaliser une égalisation correcte des canaux en tenant compte d'un couplage d'émission, de transmission et de réception. Comme représenté sur la figure 3, en sortie du circuit (FFT<sup>-1</sup>) 2, on émet sur chaque voie respectivement le signal R(n) et le signal I(n) qui correspondent à la partie réelle et à la partie imaginaire.

Si l'on prend en compte les couplages qui se produisent respectivement au niveau du circuit 2 et au niveau des antennes 7A et 7B, l'on a en émission, une fois le régime stationnaire atteint, les équations suivantes :

$$\text{Couplage FFT}^{-1} \quad r(q) = \frac{1}{2} \left[ a(q) + b(q) \right]$$

$$i(q) = + \frac{1}{2j} \left[ a(q) - b(q) \right]$$

$$\text{où} \quad r(q) = \text{FFT} \left( R(n) \right)$$

$$i(q) = \text{FFT} \left( I(n) \right)$$

$$\text{Couplage antenne} \quad r'(q) = r(q) + K_{IR} i(q)$$

$$i'(q) = K_{IR} r(q) + i(q)$$

L'on émet donc par l'intermédiaire de l'antenne 7A, le signaux  $R'(n)$  et par l'intermédiaire de l'antenne 7B, les signaux  $I'(n)$ . Sur les antennes de réception 10A et 10B, on reçoit des signaux respectivement  $R''(n)$  et  $I''(n)$  qui tiennent compte des couplages et des échos multiples. Ces signaux sont donnés par les équations suivantes :

$$R''(t) = \sum_i \alpha_R^i(t) \cdot R'(t - t_i) + \sum_j \alpha_I^j(t) \cdot I'(t - t_j)$$

$$I''(t) = \sum_R \alpha_R^k(t) \cdot R'(t - t_R) + \sum_I \alpha_I^l(t) \cdot I'(t - t_l)$$

soit en passant en fréquence :

$$r''(q) = r'(q) \left[ \sum_i \alpha_R^i(q) e^{-j \varphi(q, t_i)} \right] + i'(q) \left[ \sum_j \alpha_R^j(q) e^{-j \varphi(q, t_j)} \right]$$

$$i''(q) = r'(q) \left[ \sum_n \alpha_R^R(q) e^{-j \varphi(q, t_R)} \right] + i'(q) \left[ \sum_l \alpha_I^l(q) e^{-j \varphi(q, t_l)} \right]$$

que l'on peut écrire sous la forme suivante en posant par exemple

$$C_{RR} = \sum_i \alpha_R^i(q) e^{-j \varphi(q, t_i)} :$$

$$r''(q) = C_{RR}(q) r'(q) + C_{IR}(q) i'(q)$$

$$i''(q) = C_{RI}(q) r'(q) + C_{II}(q) i'(q)$$

A la réception, ces couplages au niveau des antennes 10A, 10B et au niveau du circuit de calcul de Transformée de Fourier rapide 16 peuvent être représentés par les équations suivantes :

- Couplage antennes

$$r'''(q) = r''(q) + K'_{IR} i''(q)$$

$$i'''(q) = K'_{RI} r''(q) + i''(q)$$

- Couplage FFT

$$a'(q) = r'''(q) + j i'''(q)$$

$$b'(q) = r'''(q) - j i'''(q)$$

Ainsi en sortie de la FFT 16, l'ensemble peut être réécrit sous forme matricielle de la manière ci-après :

$$\begin{pmatrix} a'(q) \\ b'(q) \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} +1 & j \\ +1 & -j \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & K'_{IR} \\ K'_{RI} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_{RR} & C_{IR} \\ C_{RI} & C_{II} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & K_{IR} \\ K_{RI} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & +\frac{1}{2} \\ -j/2 & j/2 \end{pmatrix}}_{M(q)} \begin{pmatrix} a(q) \\ b(q) \end{pmatrix}$$

soit en prenant la matrice inverse :

$$\begin{pmatrix} a(q) \\ b(q) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha(q) & \beta(q) \\ \gamma(q) & \delta(q) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a'(q) \\ b'(q) \end{pmatrix}$$

D'autre part, en sortie du circuit d'égalisation, on obtient les signaux  $\hat{a}(q)$ ,  $\hat{b}(q)$ . Ces signaux sont tels que :

$$\begin{pmatrix} \hat{a}(q) \\ \hat{b}(q) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{\alpha}(q) & \hat{\beta}(q) \\ \hat{\gamma}(q) & \hat{\delta}(q) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a'(q) \\ b'(q) \end{pmatrix}$$

Or, avec l'égalisation, on récupère des signaux, tels  
que :

$$\begin{pmatrix} a(q) \\ b(q) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{a}(q) \\ \hat{b}(q) \end{pmatrix}$$

Il faut donc estimer la matrice

$$\begin{pmatrix} \hat{\alpha}(q) & \hat{\beta}(q) \\ \hat{\gamma}(q) & \hat{\delta}(q) \end{pmatrix}$$

Conformément à la présente invention, pour estimer  
cette matrice, on émet deux paquets-test par voie, soit :

$t_A^1, t_B^1, t_A^2, t_B^2$  et l'on reçoit  $t_A'^1, t_B'^1, t_A'^2, t_B'^2$

$$t_A^1(q) = \alpha(q) t_A'^1(q) + \beta(q) t_B'^1(q)$$

$$t_A^2(q) = \alpha(q) t_A'^2(q) + \beta(q) t_B'^2(q)$$

$$t_B^1(q) = \gamma(q) t_A'^1(q) + \delta(q) t_B'^1(q)$$

$$t_B^2(q) = \gamma(q) t_A'^2(q) + \delta(q) t_B'^2(q)$$

$$\text{On pose : } \Delta = t_A'^1(q) t_B'^2(q) - t_A'^2(q) t_B'^1(q)$$

et il vient :

$$\hat{\alpha}(q) = \frac{t_A^1(q) t_B'^2(q) - t_A^2(q) t_A'^1(q)}{\Delta}$$

5

$$\hat{\beta}(q) = \frac{t_A^2(q) t_A'^1(q) - t_A^1(q) t_A'^2(q)}{\Delta}$$

10

$$\hat{\gamma}(q) = \frac{t_B^1(q) t_B'^2(q) - t_B^2(q) t_B'^1(q)}{\Delta}$$

15

$$\hat{\delta}(q) = \frac{t_B^2(q) t_A'^1(q) - t_B^1(q) t_A'^2(q)}{\Delta}$$

On choisit alors les paquets-test de façon que :

$$t_A^1(2q) \neq 0 ; t_A^2(2q) = 0 ; t_B^1(2q) = 0 ; t_B^2(2q) \neq 0$$

20

$$t_A^1(2q+1) = 0 ; t_A^2(2q+1) \neq 0 ; t_B^1(2q+1) \neq 0 ; t_B^2(2q+1) = 0$$

On a alors :

$$\hat{\alpha}(2q) = t_A^1(2q) t_B'^2(2q) \times \frac{\Delta^*}{\|\Delta\|^2}$$

25

$$\hat{\beta}(2q) = t_A^1(2q) t_A'^2(2q) \times \frac{\Delta^*}{\|\Delta\|^2}$$

$$\hat{\gamma}(2q) = t_B^1(2q) t_B'^2(2q) \times \frac{\Delta^*}{\|\Delta\|^2}$$

30

$$\hat{\delta}(2q) = t_B^2(2q) t_A'^1(2q) \times \frac{\Delta^*}{\|\Delta\|^2}$$

$$\hat{\alpha}(2q+1) = -t_A^2(2q+1) t_B'^1(2q+1) \times \frac{\Delta \cdot}{||\Delta||^2}$$

$$\hat{\beta}(2q+1) = -t_A^2(2q+1) t_A'^1(2q+1) \times \frac{\Delta \cdot}{||\Delta||^2}$$

$$\hat{\gamma}(2q+1) = -t_B^1(2q+1) t_B'^2(2q+1) \times \frac{\Delta \cdot}{||\Delta||^2}$$

$$\hat{\delta}(2q+1) = -t_B^1(2q+1) t_A'^2(2q+1) \times \frac{\Delta \cdot}{||\Delta||^2}$$

Ainsi, avec un choix spécifique des paquets-test, il est possible de récupérer facilement les signaux émis avec une polarisation croisée dans une même bande de fréquence lorsqu'il s'agit d'une modulation de type OFDM.

Selon un autre mode de réalisation représenté à la figure 4, on peut utiliser en réception deux circuits de calcul de Transformée de Fourier rapide 22A, 22B. Chaque circuit est prévu sur une voie de réception et donne en sortie respectivement des signaux  $r'''(q)$  et  $i'''(q)$ . Dans ce cas, il faut recréer le couplage entre les parties réelles - parties imaginaires et les trains d'onde représentés par les signaux  $a'(q)$ ,  $b'(q)$ . Ceci est réalisé par le circuit de couplage 23 qui effectue l'opération suivante :

$$\begin{pmatrix} a'(q) \\ b'(q) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 + j \\ 1 - j \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r'''(q) \\ i'''(q) \end{pmatrix}$$

Dans ce cas aussi, on peut écrire :

5 
$$\begin{pmatrix} a(q) \\ b(q) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha(q) & \beta(q) \\ \gamma(q) & \delta(q) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a'(q) \\ b'(q) \end{pmatrix} \text{ où la matrice } \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix}$$

est la même que précédemment.

10 Les figures 3 et 4 ont été décrites en se référant au cas où l'on émet les parties imaginaires sur une voie et les parties réelles sur une autre voie. Toutefois, l'invention s'applique aussi au cas où l'on sépare simplement en deux les signaux, les N/2 premiers étant émis sur une voie et les N/2  
15 derniers sur l'autre voie.

20

25

30



## REVENDICATIONS

1. Procédé d'émission d'un signal numérisé selon une modulation multiporteuse de type OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) utilisant N canaux orthogonaux, caractérisé en ce que les canaux sont divisés en deux, N/2 canaux correspondant à une première bande de fréquence étant transmis par une première voie d'émission selon une première polarisation et les N/2 canaux restant étant ramenés dans la même bande de fréquence et transmis par une deuxième voie d'émission selon une seconde polarisation croisée par rapport à la première.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le signal numérisé émis sur chaque voie comporte périodiquement des paquets-test permettant à la réception d'égaliser le canal de transmission.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'on émet deux paquets-test successifs par voie.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que les paquets-test sont choisis de telle sorte que :

$$t_A^1(2q) \neq 0 ; t_A^2(2q) = 0 ; t_B^1(2q) = 0 ; t_B^2(2q) \neq 0$$

$$t_A^1(2q+1) = 0 ; t_A^2(2q+1) \neq 0 ; t_B^1(2q+1) \neq 0 ; t_B^2(2q+1) = 0$$

5. Emetteur pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte principalement un circuit de transformée de Fourier rapide inverse ( $FFT^{-1}$ ) pour N échantillons, une première voie de transmission pour N/2 échantillons et une seconde voie de transmission pour les N/2 échantillons restant, les deux voies permettant une transmission dans une même bande de fréquence mais avec des polarisations croisées.

6. Emetteur selon la revendication 5, caractérisé en ce que chaque voie comporte au moins un convertisseur numérique-analogique, un circuit de transposition de fréquence,

un émetteur proprement dit et une antenne d'émission, chaque antenne émettant selon une polarisation spécifique.

5 7. Récepteur pour recevoir des signaux émis selon le procédé des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte deux voies de réception pouvant recevoir chacune les signaux correspondant à  $N/2$  échantillons, émis dans une même bande de fréquence mais avec des polarisations croisées et un circuit de transformée de Fourier rapide (FFT) permettant de traiter  $N$  échantillons.

10 8. Récepteur pour recevoir des signaux émis selon le procédé des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte deux voies de réception pouvant recevoir chacune les signaux correspondant à  $N/2$  échantillons émis dans une même bande de fréquence mais avec des polarisations croisées, un  
15 circuit de transformée de Fourier rapide (FFT) permettant de traiter  $N/2$  échantillons en sortie de chaque voie et un circuit de couplage des deux circuits de transformée de Fourier rapide (FFT).

20 9. Récepteur selon l'une quelconque des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que chaque voie de réception comporte au moins une antenne recevant selon une polarisation spécifique, un récepteur proprement dit, un circuit de transposition de fréquence et un convertisseur analogique-numérique.

25 10. Récepteur selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce qu'il comporte de plus des moyens pour reconnaître les paquets-test.

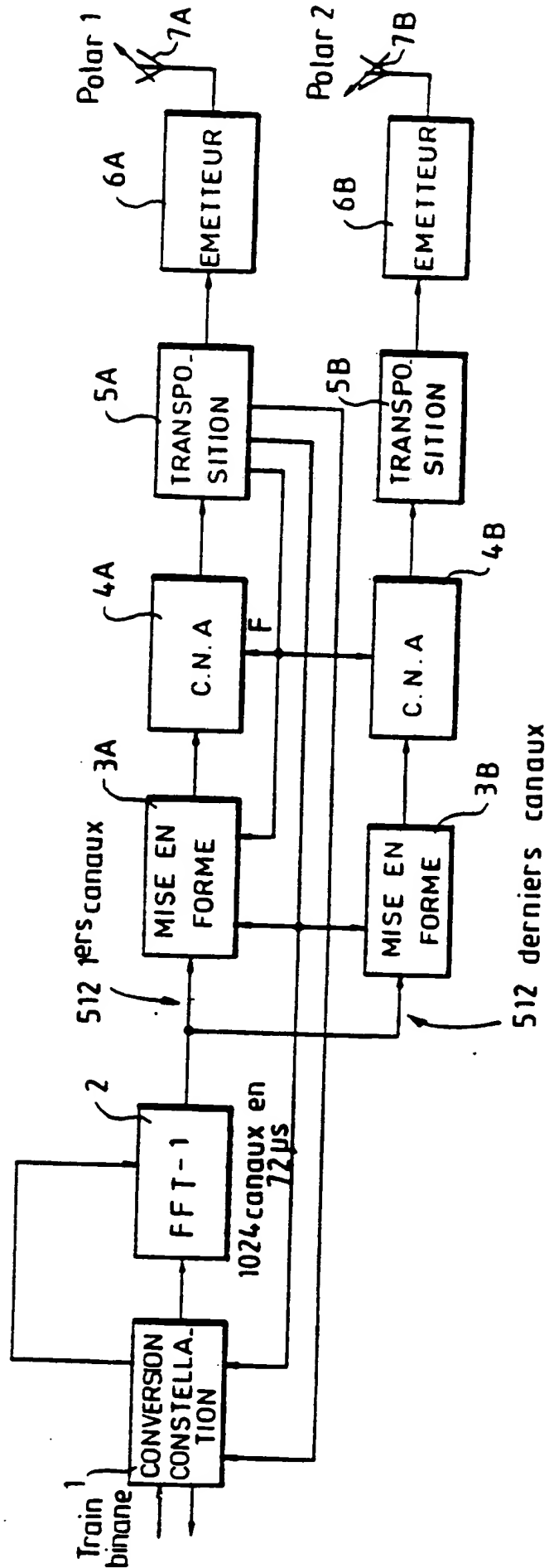


FIG. 1

2 / 3

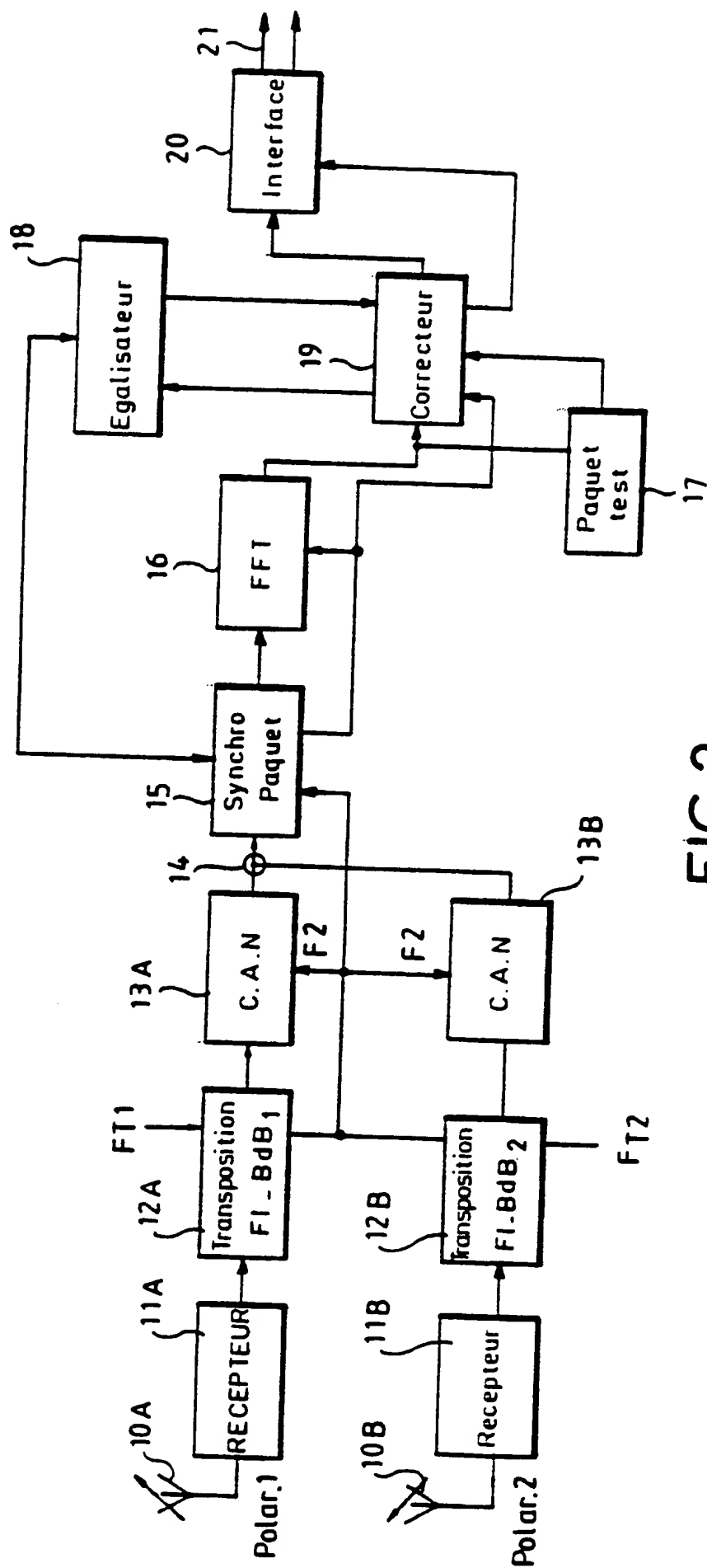


FIG.2

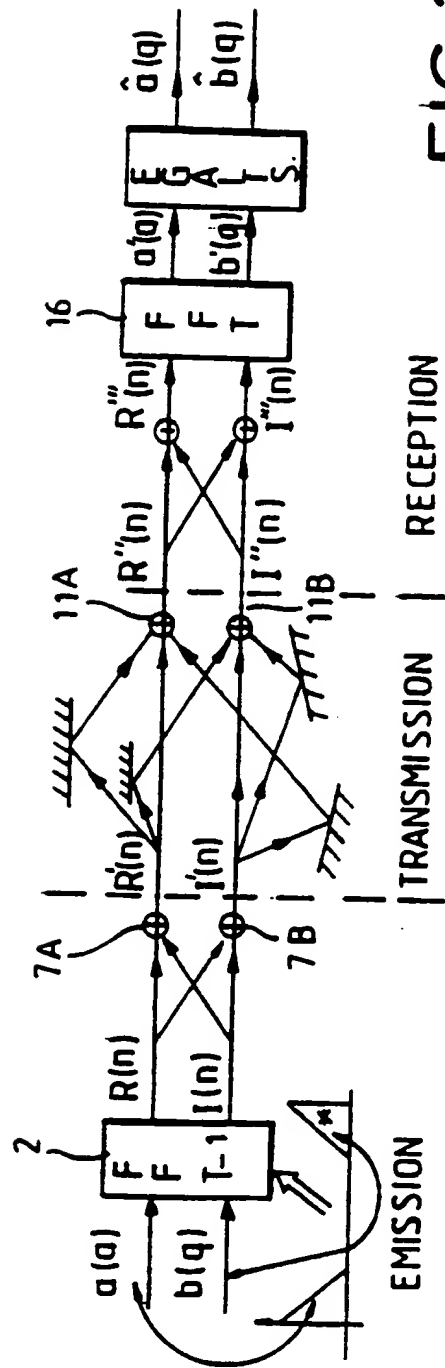


FIG. 3

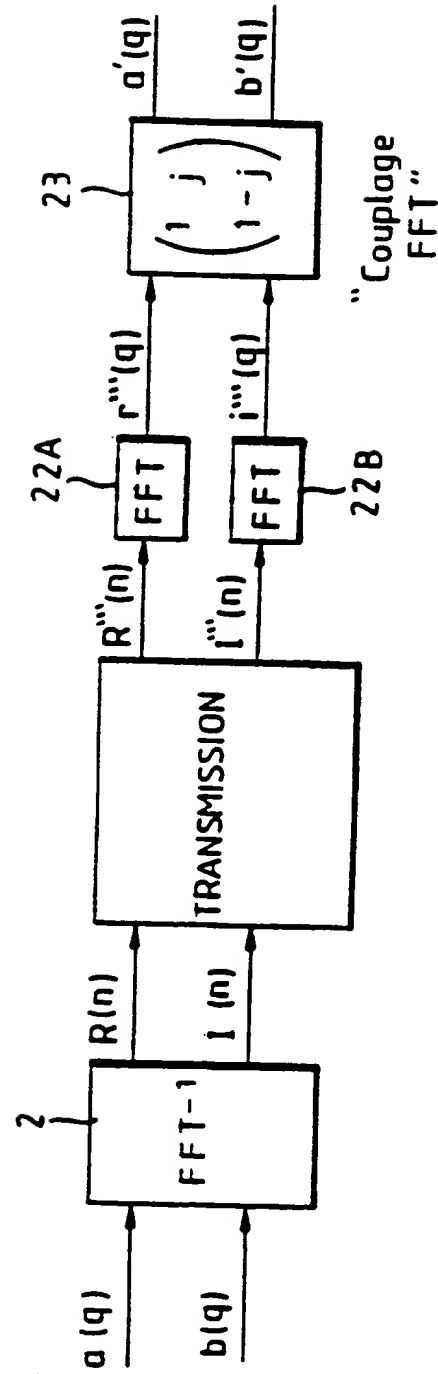


FIG. 4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/FR 92/01119

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>5</sup> H 04 L 5/06; H 04 J 14/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>5</sup> H 04 L; H 04 B; H 04 J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP, A, 0 295 620 (NEC) 21 December 1988 see abstract; figure 6 see column 3, line 41 - line 55 --	1-10
X	IEE TRANSACTIONS ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING volume 33, No 2, April 1985, NEW YORK, US pages 420 - 431 TREICHLER AND LARIMORE "New processing techniques based on the constant modulus adaptive algorithm" see page 427, right hand column, line 11 - line 24; figure 6 ---	10
A	WO, A, 9 004 893 (THOMSON) 3 May 1990 see abstract; figures 11, 21, 22 --	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 July 1993 (26.07.93)

Date of mailing of the international search report

30 July 1993 (30.07.93)

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR 92/01119

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Proceedings of the 1990 Southeastcon, New Orleans, US, 1-4 April 1990; IEEE, New York, 1990; pages 975-980, K.V. Cartwright et al.: "Performance of the adaptive baseband 4D diagonalizer, a crosstalk canceller, with four - dimensional constellations" see abstract --	1,4
E,L	FR, A, 2 680 061 (THOMSON) 5 February 1993 see the whole document -----	1-10

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

FR 9201119  
SA 68519

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.  
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

26/07/93

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0295620	21-12-88	CA-A- 1273065	21-08-90
		JP-A- 1077236	23-03-89
		US-A- 4811021	07-03-89
-----			
WO-A-9004893	03-05-90	FR-A- 2638305	27-04-90
		FR-A- 2638306	27-04-90
		AU-B- 628102	10-09-92
		AU-A- 4506989	14-05-90
		EP-A- 0365431	25-04-90
		EP-A- 0439539	07-08-91
		JP-T- 4501348	05-03-92
-----			
FR-A-2680061	05-02-93	None	
-----			



**I. CLASSEMENT DE L'INVENTION** (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) <sup>7</sup>

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

CIB 5 H04L5/06; H04J14/06

**II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**Documentation minimale consultée<sup>8</sup>

Système de classification

Symboles de classification

CIB 5

H04L ;

H04B ;

H04J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté<sup>9</sup>**III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**<sup>10</sup>

Catégorie <sup>o</sup>	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, <sup>12</sup> des passages pertinents <sup>13</sup>	No. des revendications visées <sup>14</sup>
X	EP,A,0 295 620 (NEC) 21 Décembre 1988 voir abrégé; figure 6 voir colonne 3, ligne 41 - ligne 55 ---	1-10
X	IEEE TRANSACTIONS ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING vol. 33, no. 2, Avril 1985, NEW YORK, US pages 420 - 431 TREICHLER AND LARIMORE 'New processing techniques based on the constant modulus adaptive algorithm' voir page 427, colonne de droite, ligne 11 - ligne 24; figure 6 ---	10
A	WO,A,9 004 893 (THOMSON) 3 Mai 1990 voir abrégé; figures 11,21,22 --- -/--	1-10

<sup>o</sup> Catégories spéciales de documents cités:<sup>11</sup>

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "I" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

**IV. CERTIFICATION**

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 26 JUILLET 1993	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 30.07.93
Administration chargée de la recherche internationale OFFICE EUROPEEN DES BREVETS	Signature du fonctionnaire autorisé SCRIVEN P.

III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS<sup>14</sup>(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDiques SUR LA  
DEUXIEME FEUILLE)

Catégorie °	Identification des documents cités, <sup>16</sup> avec indication, si nécessaire des passages pertinents <sup>17</sup>	No. des revendications visées <sup>18</sup>
A	Proceedings of the 1990 Southeastcon, New Orleans, US, 1-4 Avril 1990; IEEE, New York, 1990; pages 975 - 980, K. V. Cartwright et al.: "Performance of the adaptive baseband 4D diagonalizer, a crosstalk canceller, with four - dimensional constellations" voir abrégé -----	1,4
E,L	FR,A,2 680 061 (THOMSON) 5 Février 1993 voir le document en entier -----	1-10

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE  
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.

FR 9201119  
SA 68519

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

26/07/93

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A-0295620	21-12-88	CA-A- 1273065	21-08-90
		JP-A- 1077236	23-03-89
		US-A- 4811021	07-03-89
WO-A-9004893	03-05-90	FR-A- 2638305	27-04-90
		FR-A- 2638306	27-04-90
		AU-B- 628102	10-09-92
		AU-A- 4506989	14-05-90
		EP-A- 0365431	25-04-90
		EP-A- 0439539	07-08-91
		JP-T- 4501348	05-03-92
FR-A-2680061	05-02-93	Aucun	

EPO FORM P0472

**This Page Blank (uspto)**